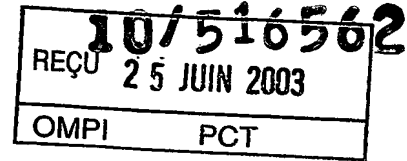


# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

Rec'd PCT/PTO 29 NOV 2004



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1 (a) OR (b)

**Aktenzeichen:** 102 23 869.3

**Anmeldetag:** 29. Mai 2002

**Anmelder/Inhaber:** Leybold Vakuum GmbH, Köln/DE

**Bezeichnung:** Zwei-Wellen-Vakuumpumpe

**IPC:** F 04 C, H 02 K, H 02 P

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der  
ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 16. April 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Patentanwälte Patent Attorneys  
VON KREISLER SELTING WERNER

Deichmannhaus am Dom  
D-50667 KÖLN

von Kreisler Selting Werner · Postfach 10 22 41 · D-50462 Köln  
P.O. Box

Leybold Vakuum GmbH  
Bonner Straße 498

50968 Köln

Unser Zeichen:  
021027de/Sg-Eb/scs

Patentanwälte  
Dipl.-Chem. Alek von Kreisler  
Dipl.-Ing. Günther Selting  
Dipl.-Chem. Dr. Hans-Karsten Werner  
Dipl.-Chem. Dr. Johann F. Fues  
Dipl.-Ing. Georg Dallmeyer  
Dipl.-Ing. Jochen Hilleringmann  
Dipl.-Chem. Dr. Hans-Peter Jönsson  
Dipl.-Chem. Dr. Hans-Wilhelm Meyers  
Dipl.-Chem. Dr. Thomas Weber  
Dipl.-Chem. Dr. Jörg Helbing  
Dipl.-Ing. Alexander von Kirschbaum  
Dipl.-Chem. Dr. Christoph Schreiber

Köln,  
27. Mai 2002

Zwei-Wellen-Vakuumpumpe

Die Erfindung bezieht sich auf eine Zwei-Wellen-Vakuumpumpe mit zwei Wellen.

Eine typische Zwei-Wellen-Vakuumpumpe ist die Wälzkolbenpumpe, auch Roots-Pumpe genannt. Beide Wellen der Wälzkolbenpumpe weisen jeweils einen Drehkolben auf, die gegenseitig berührungsfrei abwälzen. Eine der beiden Wellen wird durch einen elektrischen Antriebsmotor angetrieben, während die andere Welle durch ein Getriebe mit der einen Antriebswelle synchronisiert ist. Während des Pumpbetriebes werden die Wälzkolben durch die Gaskompression stark erwärmt. Als Antriebsmotoren werden Asynchronmotoren eingesetzt. Der auf der der Antriebswelle sitzende

Motorrotor des Asynchronmotors ist als sogenannter Käfigläufer ausgebildet. Der als Käfigläufer ausgebildete Motorrotor hat eine relativ große Masse und axiale Baulänge. Wegen der hieraus zwangsläufig resultierenden großen Unwucht-Kräfte und der daraus resultierenden Vibrationen muss die Antriebswelle im Bereich des Antriebsmotors mit mindestens einem Stützlager abgestützt werden. Die Kühlung und die Schmierung des bzw. der Stützlager ist insbesondere aufgrund ihrer Anordnung im gasdicht abgedichteten Bereich der Vakuumpumpe problematisch und nur mit hohem Aufwand realisierbar.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Zwei-Wellen-Vakuumpumpe mit einem verbesserten Antrieb zu schaffen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

Gemäß der Erfindung ist der Antriebsmotor ein Synchronmotor, wobei der Rotor durch mindestens einen Permanentmagneten permanent erregt ausgebildet ist. Der permanent erregte Rotor eines Synchronmotors ist wegen seines konstant starken Magnetfeldes und der geringen Verlustleistung von geringer Masse und geringer Baulänge. Hierdurch können gegebenenfalls alle Wellen-Stützlager zur zusätzlichen Abstützung der Antriebswelle entfallen, wodurch auch die mit der Kühlung und Schmierung der Stützlager verbundenen Probleme entfallen.

Durch die geringere Verlustleistung in dem permanent erregten Rotor sind auch die Erwärmung des Rotors und die damit verbundenen Probleme verringert.

Ferner ist ein Synchronmotor-Leistungsbegrenzer vorgesehen, der in einem oberhalb einer festgelegten Motor-Nenn-drehzahl

liegenden Begrenzerbereich die Motorleistung auf eine festgelegte maximale Motorleistung begrenzt. Der Leistungsbegrenzer begrenzt die Antriebsleistung bei einer Drehzahl oberhalb der Nenndrehzahl auf einen konstanten Wert. Dies erfolgt dadurch, dass das Drehmoment bei einer Wellen-Drehzahl oberhalb der Nenndrehzahl reduziert ist.

Die Motorleistung ergibt sich aus

$$P_M = M_M \times \omega,$$

wobei

$$\omega = 2\pi \cdot n$$

$P_M$  die Motorleistung

$M_M$  das Motor-Drehmoment bei der Drehzahl  $n$  und

$n$  die Motordrehzahl ist.

Durch die Drehmoment-Reduzierung im Begrenzerbereich wird sichergestellt, dass die Pumpe auch bei hohen Drehzahlen von bis zu 8.000 Umdrehungen pro Minute arbeiten kann, jedoch die Pumpleistung auf einen konstanten Maximalwert begrenzt ist. Die Wärmeabführungsmöglichkeiten zur Abführung der Wälzkolbenwärme sind wegen des geringen Gasdruckes und konstruktionsbedingt sehr eingeschränkt. Durch Begrenzung der Motorleistung und damit der Pumpleistung ohne gleichzeitige Drehzahlbegrenzung wird eine Überhitzung der Vakuumpumpe und insbesondere der Wälzkolben zuverlässig vermieden, wobei gleichzeitig ein hoher Gas-Volumenstrom ermöglicht bleibt. Der Synchronmotor wird im Begrenzerbereich im sogenannten Feldschwäcbereich betrieben.

Der magnetische Fluss des permanentmagnetischen Motorrotors ist konstant, so dass eine Änderung des Motordrehmomentes nur durch eine entsprechende Steuerung des Statorfeldes erfolgen kann.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung stellt der Leistungsbegrenzer im Begrenzerbereich den Phasenwinkel zwischen dem elektrischen Statorfeld und dem Motor-Magnetfeld auf einen von 90 Grad verschiedenen Winkel ein. Das elektrische Statorfeld wird mit seiner Phasenlage gegenüber dem Rotor-Magnetfeld derart eingestellt, dass das Drehmoment entsprechend reduziert ist.

Alternativ oder ergänzend reduziert der Leistungsbegrenzer im Begrenzerbereich den Betrag des Statorstroms. Auch hierdurch wird das Drehmoment  $M_M$  reduziert, das proportional zum Statorstrom ist.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung stellt der Leistungsbegrenzer im Begrenzerbereich den Phasenwinkel bzw. den Statorstrom drehzahlabhängig ein. Mit zunehmender Drehzahl im Begrenzerbereich zwischen der Nenndrehzahl und der maximalen Drehzahl wird der Phasenwinkel bzw. der Statorstrom so verändert, dass das Drehmoment mit zunehmender Drehzahl derart abnimmt, dass die Motorleistung oberhalb der Nenndrehzahl stets annähernd konstant ist. Hierdurch wird bei jeder Drehzahl die maximal zulässige Motorleistung zur Verfügung gestellt, jedoch nicht überschritten. Die Vakuumpumpe ist vor Überhitzung geschützt.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung ist die den Motorrotor aufweisende Welle am motorseitigen Ende fliegend und stützlagernfrei gelagert. Die Welle wird ausschließlich von den beiden Hauptlagern gelagert, die an beiden Längsenden des Pumpenrotors

angeordnet sind. Die mit der Kühlung und Schmierung von Motor-Stützlagern verbundenen Konstruktionen entfallen.

Vorzugsweise weist der Motorrotor mehrere Permanentmagneten auf, die an der Außenseite des Motorrotorkörpers angeordnet sind. Es kann auch ein oder können mehrere Permanentmagneten in entsprechenden Ausnehmungen des Motorrotorkörpers angeordnet sein.

Vorzugsweise weist der Motorrotor insbesondere für den Betrieb mit für die Motormaterialien schädlichen Gasen eine Rotorkapsel aus einem nichtmagnetischen Material auf, die den Motorrotorkörper und die Permanentmagneten außen umgibt. Hierdurch werden die außen an dem Motorrotorkörper angeordneten Permanentmagneten gesichert und vor gegebenenfalls aggressiven Gasen und Flüssigkeiten und somit vor Korrosion geschützt. Die Rotorkapsel kann aus einem nichtmagnetischen Metall oder aus Kunststoff bestehen.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung ist statorseitig ein Spalttopf aus einem nichtmagnetischen Material vorgesehen, der den Rotor gegenüber dem Stator gasdicht verschließt. Der Spalttopf besteht aus einem nichtmagnetischen Metall oder Kunststoff. Durch den Spalttopf wird der Pumpenbereich gasdicht gegenüber der Umgebung abgeschlossen, wobei der Motorrotor innerhalb des Pumpenbereiches und der Motorstator außerhalb des Pumpenbereiches liegen. Durch die Verwendung eines permanent erregten Synchronmotors kann der Spalt zwischen Rotor und Stator relativ groß ausgebildet sein. Hierdurch wird der Einsatz eines Spalttopfes erleichtert.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung sind ein den Spalttopf haltender Pumpendeckel und ein den Motorstator umgebendes Sta-

torgehäuse einstückig miteinander ausgebildet. Hierdurch wird die Anzahl der Bauteile und die Anzahl der Fügestellen reduziert.

Vorzugsweise besteht der Permanentmagnet aus seltenen Erden. Mit Permanentmagneten aus seltenen Erden können starke Magnetfelder von langer Dauer bei kleiner Baugröße realisiert werden.

Im Folgenden wird unter Bezugnahme auf die Zeichnungen ein Ausführungsbeispiel der Erfindung näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 eine Zwei-Wellen-Vakuumpumpe im Längsschnitt,

Fig. 2 ein Detail des Antriebsmotors der Vakuumpumpe der Figur 1, und

Fig. 3 ein Diagramm mit der Motorleistung, dem Motordrehmoment der Pumpen-Momentenkennlinie und der Pumpenleistung für die Vakuumpumpe der Figuren 1 und 2 mit einem 4,8 kW Antriebsmotor.

In Figur 1 ist eine als Wälzkolbenpumpe ausgebildete Zwei-Wellen-Vakuumpumpe 10 dargestellt, die zwei Rotor-Wellen 12, 14 aufweist. Jede Rotor-Welle 12, 14 weist einen als Wälzkolben ausgebildeten Pumpenrotor 16, 18 auf. Eine Rotor-Welle 14 ist durch einen elektrischen Antriebsmotor 20 angetrieben, während die andere Welle 12 über ein von zwei Zahnrädern 22, 23 gebildetes Getriebe 24 angetrieben und mit der einen Rotor-Welle 14 synchronisiert ist.

Der Antriebsmotor 20 ist ein Synchronmotor und wird im Wesentlichen gebildet von einem permanent erregten Motorrotor 26 und einem mehrere Statorspulen 30, 31 aufweisenden Motorstator 28.

Der Aufbau des Motorrotors 26 ist vergrößert in Figur 2 dargestellt: Der Motorrotor 26 besteht aus einem topfförmigen Rotorkörper 34, der an seinem Außenumfang mehrere Ausnehmungen 36 aufweist, in die jeweils ein aus seltenen Erden bestehender Permanentmagnet 38 eingeklebt ist. Der gesamte Außenumfang des Rotors 26 wird von einer zylindrischen Rotorkapsel 40 aus einem nichtmagnetischen Material umgeben. Die Rotorkapsel 40 hält die Permanentmagnete 38 auch bei hohen Rotordrehzahlen in den Ausnehmungen 36 und schirmt die Permanentmagnete 38 zuverlässig ab gegen korrosionsfördernde Gase und Flüssigkeiten. Die Rotorkapsel 40 besteht aus nichtmagnetischem Edelstahl, kann jedoch auch aus CFK oder anderen nichtmagnetischen Materialien bestehen. Der Rotorkörper 34 kann geblecht oder massiv ausgebildet sein. Zwischen dem Rotor 26 und dem Stator 28 ist ein topfförmig ausgebildeter Spalttopf 42 vorgesehen, der statorseitig mit einem Motorgehäuse 44 verbunden ist. Der Spalttopf dichtet den Motorrotor 26 gegenüber dem Stator 28 gasdicht ab. Der Spalttopf 42 besteht aus nichtmagnetischem Edelstahl, kann jedoch auch aus CFK oder anderen nichtmagnetischen Materialien bestehen.

Der Motorrotor 26 ist durch seine Auslegung als mit Permanentmagneten 38 permanent erregter Rotor einer Synchronmaschine von geringer axialer Baulänge und geringer Masse. Hierdurch wird ermöglicht, dass die den Motorrotor 26 tragende Welle 14 alleine durch zwei Pumpenrotor-Wälzlager 46, 47 getragen wird und ihr motorseitiges Ende stützlagernfrei ausgebildet ist. Der Motorrotor 26 ist also vollständig fliegend gelagert.



Das Motorgehäuse 44 ist einstückig ausgebildet und weist einen den Spalttopf 42 haltenden Pumpendeckel 48 und ein den Motorstator 28 umgebendes Statorgehäuse 50 auf. Der Pumpendeckel 48 hält den Spalttopf 42 und dichtet den Schöpfraum 52 nach außen gasdicht ab. In einem aufgesetzten Gehäuse 54 an der Außenseite des Motorgehäuses 44 ist eine Motorsteuerung 56 untergebracht. Die Motorsteuerung 56 steuert und regelt die Versorgung der Statorspulen 30, 31.

Die Motorsteuerung 56 umfasst einen Synchronmotor-Leistungsbegrenzer 58, durch den oberhalb einer festgelegten Motor-Nenn-drehzahl  $n_N$  die Motorleistung  $P_M$  auf eine festgelegte maximale Motorleistung  $P_{Mmax}$  begrenzt, wie in Figur 3 dargestellt. Hierdurch wird auch die maximale Pumpenleistung auf einen Maximalwert begrenzt. Dies ist erforderlich, um eine Überhitzung der Pumpenrotoren 16, 18 zu vermeiden. Die Motorsteuerung 56 umfasst ferner einen Frequenzumrichter zum Anfahren des Antriebsmotors und zur Drehzahlregelung.

Die Motorleistung  $P_M$  ergibt sich aus

$$P_M = \omega \cdot M_M,$$

wobei  $\omega = 2\pi \cdot n$  und  $n$  die Drehzahl und  $M_M$  das Motor-Drehmoment ist. Bei steigender Drehzahl kann die Motorleistungsbegrenzung also nur durch Reduzieren des Motordrehmoments  $M_M$  erfolgen.

Der Drehzahlbereich zwischen der Nenndrehzahl  $n_N$ , bei der die maximale Motorleistung  $P_{Mmax}$  erreicht ist, und der Maximaldrehzahl  $n_{max}$  wird Begrenzerbereich genannt. Da der von dem permanent erregten Motorrotor 26 erzeugte magnetische Fluss stets

konstant ist, kann das Drehmoment im Begrenzerbereich nur durch eine entsprechende Regelung der Statorspulen 30, 31 erfolgen. Im Begrenzerbereich werden die Statorspulen 30, 31 daher derart angesteuert, dass das Drehmoment mit zunehmender Drehzahl und umgekehrt proportional zur Drehzahl verringert ist. Der Antriebsmotor 20 wird im Begrenzerbereich im sogenannten Feldschwächbereich betrieben.

Hierzu wird im Begrenzerbereich der Statorstrom entsprechend der erforderlichen Drehmomentreduzierung reduziert. Alternativ oder ergänzend kann der Leistungsbegrenzer 58 im Begrenzerbereich den Phasenwinkel zwischen dem Motor-Magnetfeld und dem elektrischen Statorfeld auf einen von  $90^\circ$  verschiedenen Winkel einstellen. Die Regelung des Motorstromes bzw. des Phasenwinkels im Begrenzerbereich erfolgt stets drehzahlabhängig.

Wie in Figur 3 erkennbar, liegt das Pumpendrehmoment  $M_p$  und die Pumpenleistung  $P_p$  durch Reibungsverluste etc. stets etwas unterhalb des Motor-Drehmoments  $M_M$  bzw. der Motorleistung  $P_M$ . Eine Überhitzung des Pumpenrotors ist bei richtiger Bemessung und Einstellung der maximalen Pumpen- bzw. Motorleistung ausgeschlossen.

PATENTANSPRÜCHE

1. Zwei-Wellen-Vakuumpumpe mit zwei Wellen (12, 14), wobei eine der Wellen (14) durch einen elektrischen Antriebsmotor (20) angetrieben ist und einen Motorrotor (26) aufweist,

d a d u r c h   g e k e n n z e i c h n e t ,

dass der Antriebsmotor (20) ein Synchronmotor ist und der Motorrotor (26) permanent erregt ausgebildet ist, und

dass ein Synchronmotor-Leistungsbegrenzer (58) vorgesehen ist, der in einem oberhalb einer festgelegten Motor-Nenn-drehzahl ( $n_N$ ) liegenden Begrenzerbereich die Motorleistung ( $P_M$ ) auf eine festgelegte maximale Motorleistung ( $P_{Mmax}$ ) begrenzt.

2. Zwei-Wellen-Vakuumpumpe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Leistungsbegrenzer (58) im Begrenzerbereich den Phasenwinkel zwischen dem Rotor-Magnetfeld und dem elektrischen Statorfeld auf einen von 90 Grad verschiedenen Winkel einstellt.
3. Zwei-Wellen-Vakuumpumpe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Leistungsbegrenzer (58) im Begrenzerbereich den Statorstrom reduziert.
4. Zwei-Wellen-Vakuumpumpe nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Leistungsbegrenzer (58) im Begrenzerbereich den Phasenwinkel zwischen dem Rotor-Magnet-

feld und dem elektrischen Statorfeld bzw. den Statorstrom drehzahlabhängig einstellt.

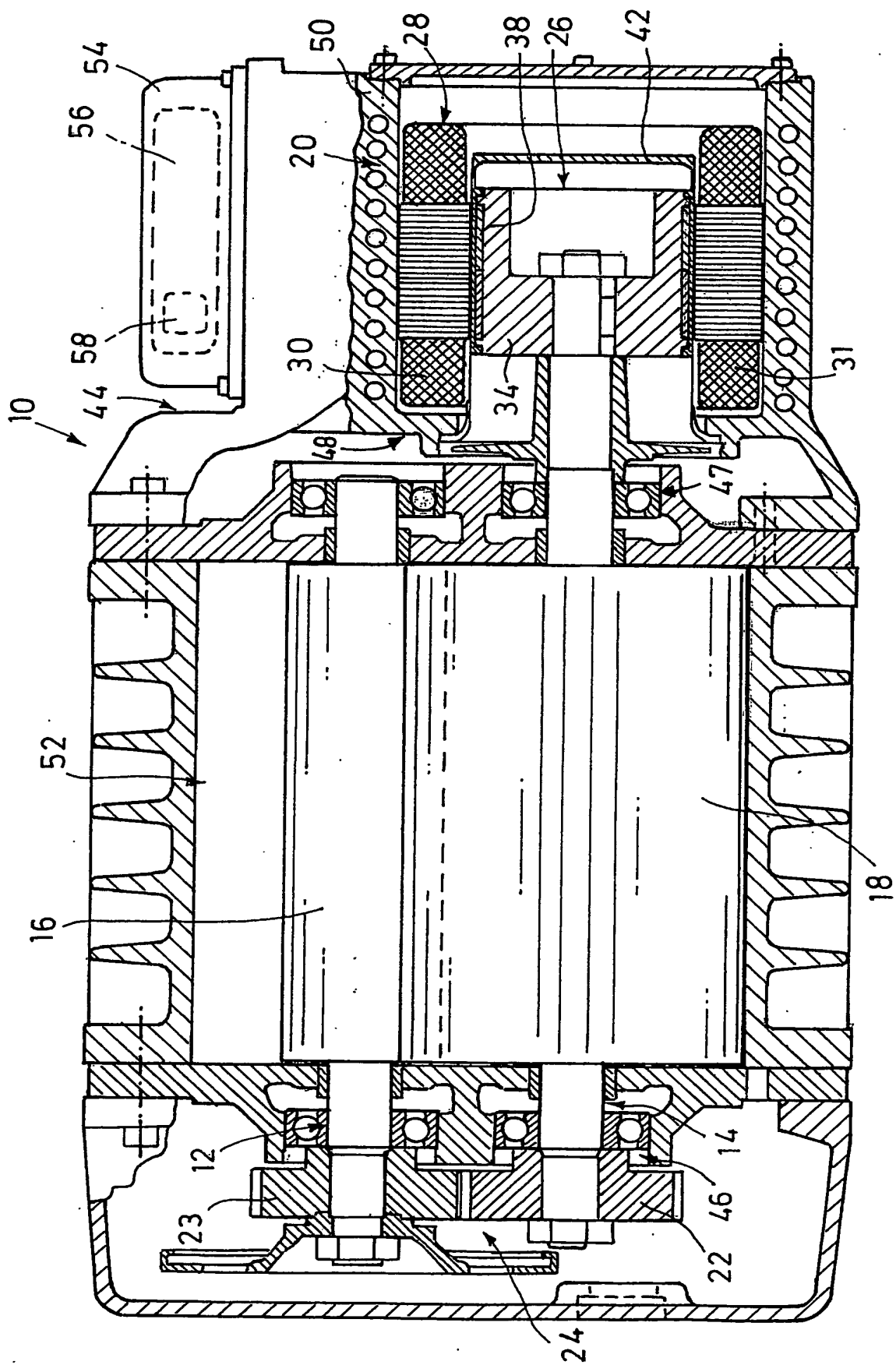
5. Zwei-Wellen-Vakuumpumpe nach einem der Ansprüche 1-4, dadurch gekennzeichnet, dass die angetriebene Rotor-Welle (14) am motorseitigen Ende fliegend und stützlagerfrei gelagert ist.
6. Zwei-Wellen-Vakuumpumpe nach einem der Ansprüche 1-5, dadurch gekennzeichnet, dass der Motorrotor (26) mehrere Permanentmagnete (38) aufweist, die an der Außenseite des Motorrotorkörpers (34) angeordnet sind.
7. Zwei-Wellen-Vakuumpumpe nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Motorrotor (26) eine Rotorkapsel (40) aus einem nichtmagnetischen Material aufweist, die den Motorrotorkörper (34) und die Permanentmagnete (38) außen umgibt.
8. Zwei-Wellen-Vakuumpumpe nach einem der Ansprüche 1-7, dadurch gekennzeichnet, dass statorseitig ein Spalttopf (42) aus einem nichtmagnetischen Material vorgesehen ist, der den Motorrotor (26) gegenüber dem Motorstator (28) gasdicht verschließt.
9. Zwei-Wellen-Vakuumpumpe nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass ein den Spalttopf (42) haltender Pumpendeckel (48) und ein den Motorstator (28) umgebendes Statorgehäuse (50) einstückig miteinander ausgebildet sind.
10. Zwei-Wellen-Vakuumpumpe nach einem der Ansprüche 7-9, dadurch gekennzeichnet, dass die Rotor-Permanentmagnete (38) aus seltenen Erden bestehen.

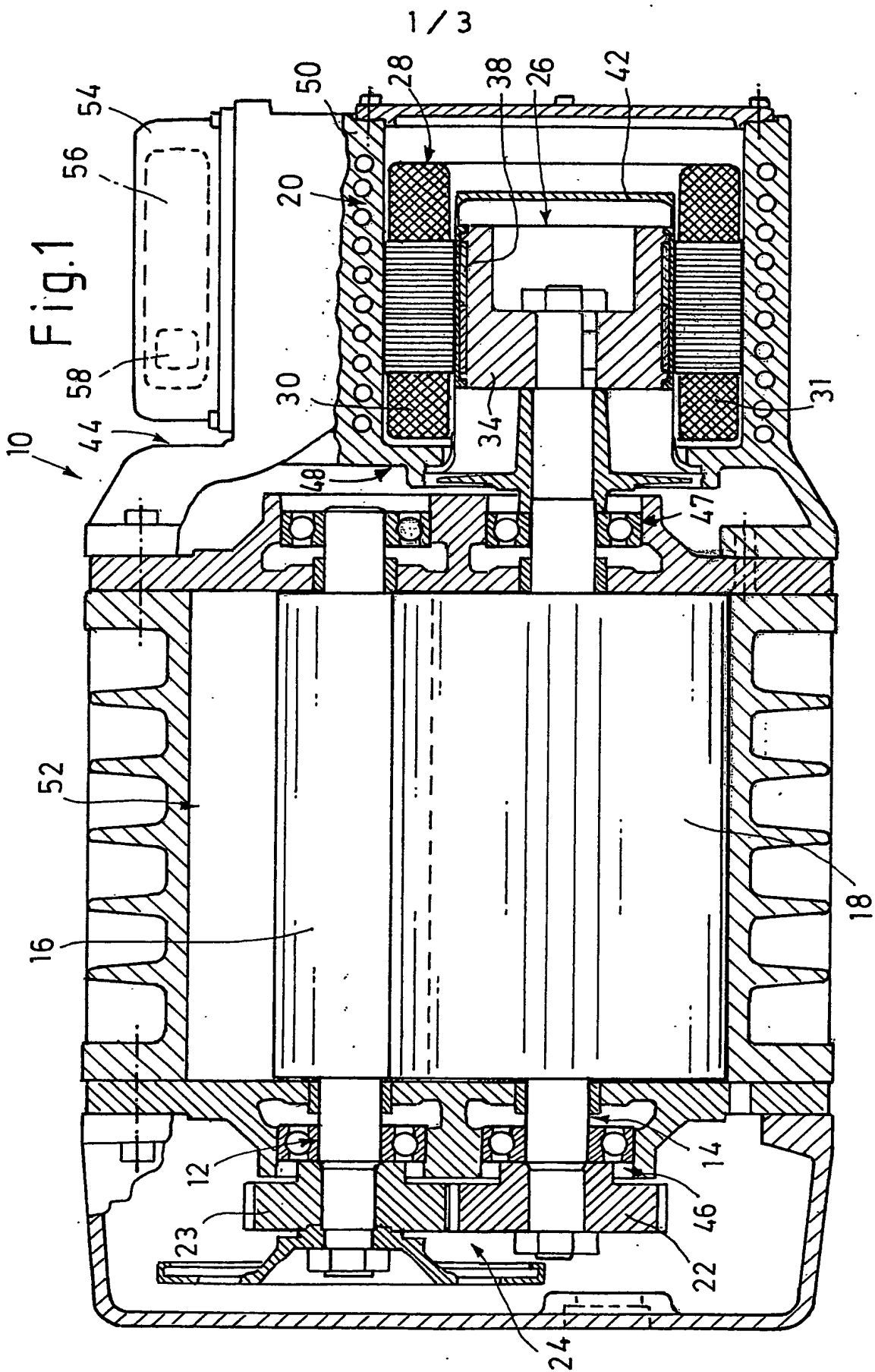
## ZUSAMMENFASSUNG

### Zwei-Wellen-Vakuumpumpe

Zwei-Wellen-Vakuumpumpen werden in der Regel von Asynchronmotoren angetrieben. Die als Käfigläufer ausgebildeten Asynchronmotor-Rotoren sind relativ schwer und lang und müssen daher durch Stützlager gestützt werden. Aufgabe der Erfindung ist es, eine Zwei-Wellen-Vakuumpumpe mit vereinfachtem Antriebsmotor zu schaffen. Die erfindungsgemäße Zwei-Wellen-Vakuumpumpe (10) weist als Antriebsmotor (20) ein Synchronmotor auf, wobei der Motorrotor (26) permanent erregt ausgebildet ist. Permanent erregte Motorrotoren (26) sind kleiner und leichter, so dass Rotor-Stützlager entfallen können. Hierdurch entfallen auch die mit der Kühlung und Schmierung von Stützlagern verbundenen Probleme.

(Fig. 1)





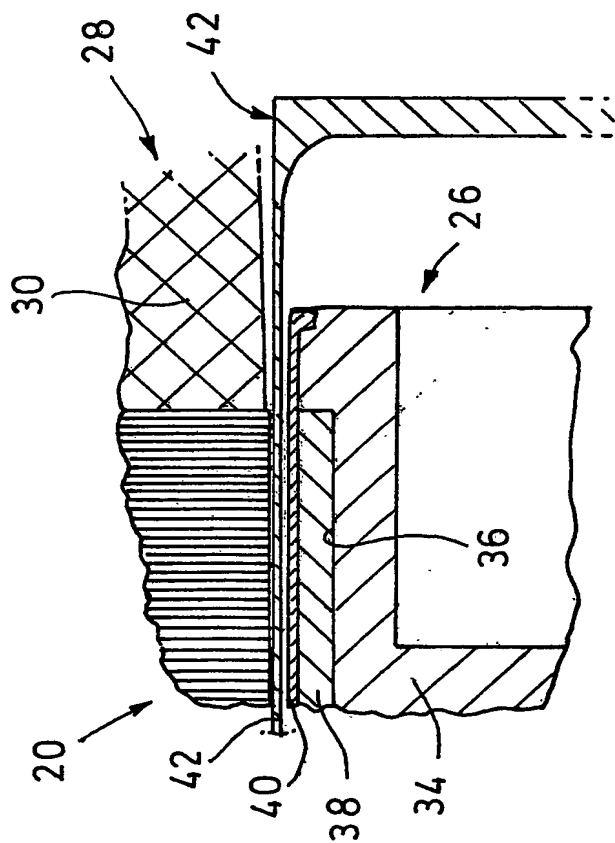
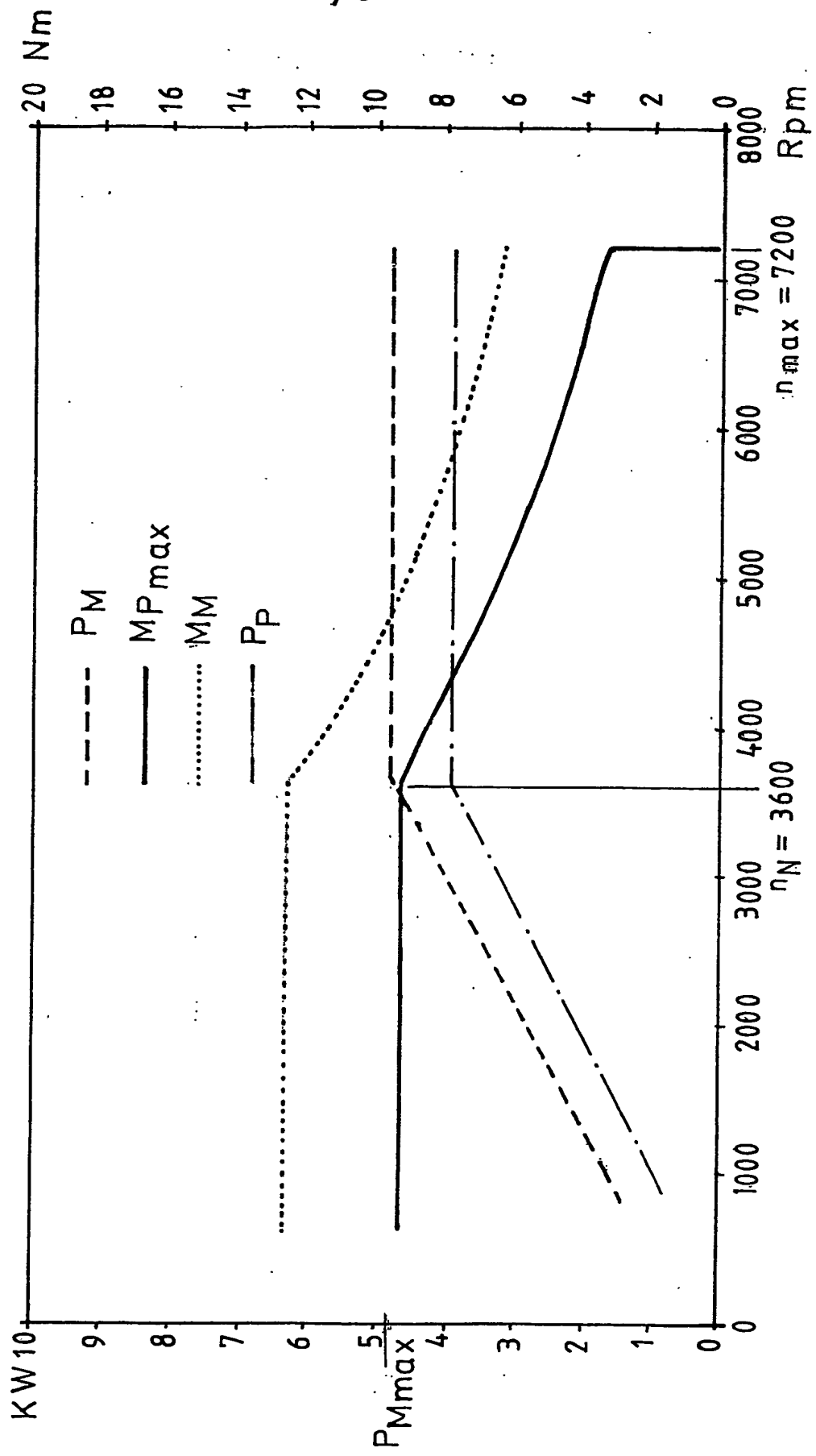


Fig. 2



Fig.3



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**